

特開平6-18341

(43) 公開日 平成6年(1994)1月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 5/00	1 0 1 Z	8505-2F		
B 2 5 J 19/02				
G 0 1 L 1/16				

審査請求 未請求 請求項の数7(全7頁)

(21) 出願番号 特願平4-174591

(22) 出願日 平成4年(1992)7月2日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 野中 智己

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

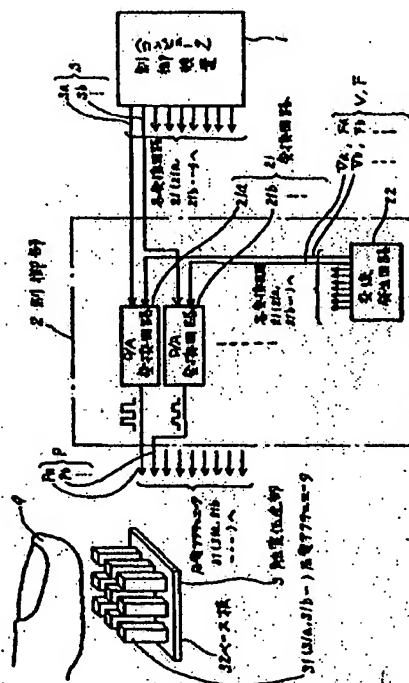
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 触覚伝達装置

(57) 【要約】

【目的】 ロボットなどの触覚伝達装置において、低コストで高分解能の面の触覚情報を伝達する。更に多次元の触覚情報（例えば、面圧と面の凹凸など）の伝達を可能にする。

【構成】 ベース板32上にアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力Pが供給されて振動する複数の圧電アクチュエータ31からなる触覚伝達部3と、この各圧電アクチュエータ31にそれぞれ交流電力Pを供給し、制御装置1から与えられる触覚情報Sに基づき、この交流電力Pの、例えば電圧あるいは周波数を制御して各圧電アクチュエータ31の振動の振巾あるいは周波数を制御する制御部2とで構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 任意の形状のベース板上に垂直あるいは角度をもってアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する複数の圧電アクチュエータからなる触覚伝達部と、前記各圧電アクチュエータにそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶した制御装置から与えられる触覚情報に基づきこの交流電力を制御して各圧電アクチュエータの振動を制御する制御部とからなることを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項2】 請求項1記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御して、その振動の振巾を制御することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項3】 請求項1記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御して、その振動の周波数を制御することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項4】 請求項1ないし3記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項5】 請求項1ないし4記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材が設けられたことを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項6】 請求項1ないし4記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置が決められることを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項7】 請求項1ないし6記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータの反ベース板側端面の周囲に、この端面とほぼ同一面の受圧補助板が設けられたことを特徴とする触覚伝達装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はロボットなどにおいてコンピュータなどの制御装置に入力された操作端の触覚情報をオペレータに伝達する触覚伝達装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ロボット、例えばマスタスレーブロボットにおいては、細かい作業を行わせるためスレーブロボットの指などの操作端に感じる触覚をマスタ側、すなわちオペレータに伝達させることが行われる。このために、例えばスレーブロボットの操作端に触覚センサを設け、この触覚センサからの触覚情報をコンピュータなどからなる制御装置に入力し、この制御装置に記憶された触覚情報を触覚伝達装置によりオペレータに伝達するようにしている。

【0003】 図7はこの種触覚伝達装置の従来例を示す系統図である。図7において、1は触覚情報が記憶されたコンピュータなどからなる制御装置であり、この制御装置1からの触覚情報S₀は電気/圧力変換器5に入力

され、この電気/圧力変換器5から触覚情報S₀の大きさに比例した空気圧P₀が出力される。この空気圧P₀は空気圧アクチュエータ6に供給され、この空気圧P₀に応じた力でレバー7の一端を押し下げる。このレバー7は支点7Aを中心に回転自在となっており、その他端に設けられた伝達部7Bを押し上げ、この伝達部7Bにタッチした指9に触覚を伝達する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般に、触覚情報は点ではなく、面としてとらえる必要があるが、前述の触覚伝達装置は、電気/圧力変換器、空気圧アクチュエータ、レバーなどの部品で構成されて、これら部品は占有体積が大きく、多くの装置をアレイ化して面の触覚情報を得ることに制限ある。また高価な部品が多くコストが嵩む問題がある。

【0005】 本発明の目的は低コストで高分解能の面の触覚情報が得られる触覚伝達装置を提供することにある。更に本発明の目的は従来の装置では得られなかった多次元の触覚情報（例えば、面圧と面の凹凸など）が伝達できる触覚伝達装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前述の目的を達成するために、本発明の触覚伝達装置は任意の形状のベース板上に垂直あるいは角度をもってアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する複数の圧電アクチュエータからなる触覚伝達部と、前記各圧電アクチュエータにそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶した制御装置から与えられる触覚情報に基づきこの交流電力を制御して各圧電アクチュエータの振動を制御する制御部とからなるようにする。そして、例えば前記制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御して、その振動の振巾を制御する。あるいは各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御して、その振動の周波数を制御する。更に、制御部は各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給する。更にまた、各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材を設ける。更にまた、各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置を決める。更にまた、各圧電アクチュエータの反ベース板側端面の周囲に、この端面とほぼ同一面の受圧補助板を設ける。

【0007】

【作用】 本発明の触覚伝達装置においては、触覚伝達部はベース板上にアレイ状に取り付けられた複数の積層型圧電素子などからなる圧電アクチュエータで構成した。積層型圧電素子は低コストで小形化が極めて容易であり、この圧電アクチュエータは数多くの個数をアレイ状に取り付けることが容易で、低コストで高分解能の面の触覚情報を伝達することができる。そしてこれら圧電アクチュエータを駆動する制御部は、コンピュータなど

の制御装置から与えられる触覚情報に基づき各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御してその振動の振巾を制御するので、触覚情報を圧電アクチュエータに伝達することができる。あるいは、各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御してその振動の周波数を制御するので、同様に触覚情報を圧電アクチュエータに伝達することができる。このように同一の圧電アクチュエータで振巾と周波数の多次元情報の伝達ができるので、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報が同時に伝達可能となる。この制御部は圧電アクチュエータと同一個数のD/A変換回路と1個の電圧発生回路とからなる単純な電子回路で構成されるので低コストである。更に、各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給するように構成することにより、制御部はそれぞれ1個の選択回路、D/A変換回路および電圧発生回路で構成されるので更に低コストとなる。

【0008】また、触覚伝達部の各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材を設けたので、互に隣接する圧電アクチュエータの間に生じる振動の干渉が防止されるのでより精度が高められる。また各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置を決めるようにしたので、取り付け位置の精度が向上しより高精度の面の触覚情報が得られる。更にまた、各圧電アクチュエータの反ベース板端面の周囲に、この端面とほぼ同一面の受圧補助板を設け各圧電アクチュエータ間を埋めたので、より面に近い触覚情報が得られる。

【0009】

【実施例】図1は本発明の触覚伝達装置の一例を示す一部モデルを含む回路図である。図1において、触覚伝達装置はベース板32上に垂直にアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する、例えば積層型の圧電素子からなる圧電アクチュエータ31(31A, 31B, ...)で構成された触覚伝達部3と、これら各圧電アクチュエータ31(31A, 31B, ...)にそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶したコンピュータなどからなる制御装置1から与えられる触覚情報、例えば面圧の大きさの情報に基づき、この交流電力を制御して、各圧電アクチュエータの振動の振巾を面圧の大きさに比例した大きさに制御する制御部2とからなっている。この制御部2は制御装置1から入力される、ロボットの操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報S(Sa, Sb, ...)と、交流発生回路22からの電圧V(Va, Vb, ...)とがそれぞれ入力され、交流発生回路22で発生された電圧V(Va, Vb, ...)のうち、触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した電圧値をそれぞれ選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力P(Pa, Pb, ...)をそれぞれ各圧電アクチュエータ31(31a, 31b, ...)に出力するD/A変換回路21(21a, 21b, ...)とからなっている。

21b, ...)とからなっている。

【0010】この触覚伝達装置の動作は次の通りである。制御装置1から入力された操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報、例えば面圧の大きさの情報Sは、それぞれ各D/A変換回路21に入力され、これらD/A変換回路21はそれぞれ交流発生回路22からの電圧Vのうちから面圧の大きさに比例した大きさの電圧値を選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力Pを、それぞれ対応する圧電アクチュエータ31に出力し、各圧電アクチュエータ31はそれぞれ制御装置1から出力された面圧の大きさの情報Sに比較した大きさに振動する。ここで、制御装置1から入力された操作端のアレイ状に分割された面の各点の位置と、触覚伝達部3の各圧電アクチュエータの位置を対応させておくことにより、面の触覚情報がタッチされたオペレータの指9などに伝達される。

【0011】図2は本発明の触覚伝達装置の異なる実施例を示す一部モデルを含む回路図である。図2は図1の制御部2に換えて制御部4が設けられたものである。この制御部4は制御装置1から順次出力される操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報S(Sa, Sb, ...)と、交流発生回路42からの電圧Vとがそれぞれ入力され、電圧発生回路22で発生された電圧Vのうち触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した電圧値を順次選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力P(Pa, Pb, ...)を順次出力するD/A変換回路41と、このD/A変換回路41の出力と、制御装置1からの制御信号Qとが入力され、交流電力P(Pa, Pb, ...)をそれぞれ触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した各圧電アクチュエータに配分する選択回路43とからなっている。

【0012】この触覚伝達装置の動作は、図1に示す触覚伝達装置の動作が各圧電アクチュエータが同時に振動するのに対し、各圧電アクチュエータ31a, 31b, ...が順次繰り返して振動する点が異なっている。その他の動作は図1に示す触覚伝達装置と同様である。このように各圧電アクチュエータを順次繰り返して振動させることにより、制御部4はそれぞれ1個の選択回路43、D/A変換回路41および電圧発生回路42のみで構成される単純な電子回路となる。この場合順次振動させる繰り返し周期を、例えば数十サイクルまであげるとオペレータはそれ程違和感を感じることはない。

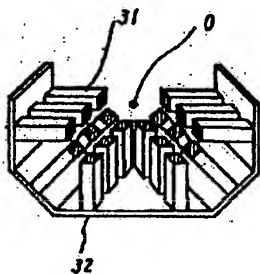
【0013】また、図1および図2において交流発生回路(図1の22、図2の42)から電圧Vにかえて周波数Fを取り出すことにより、D/A変換回路21から触覚情報Sに対応した周波数の交流電力Pを出力することができる。これにより同一の圧電アクチュエータで振巾と周波数の多次元情報の伝達が可能になり、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報が同時に伝達できる。

【0014】なお、積層型圧電素子からなる圧電アク

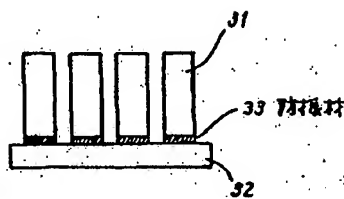
ュータは、その変位量が直流電力を供給したとき一般に数 μm ～十数 μm 程度で、オベレータはこの変位を感じることは困難であるが、本発明では交流電力を供給してアクチュエータを振動させることにより、この変位を容易に感じとることができるようにしたものである。図3～図6はそれぞれ図1あるいは図2の触覚伝達部3の異なる構造を示したものである。図3は圧電アクチュエータを図1あるいは図2の触覚伝達部3のように平面的でなく立体的にしたものであり、中心部Oに例えば指を入れると下面および左・右両面の触覚情報が感知できる。図4は各圧電アクチュエータ31とベース板32との間にそれぞれ防振材33を設けたものである。これによって互に隣接する圧電アクチュエータの間に生じる振動の干渉が防止されるのでより精度が高められる。図5は各圧電アクチュエータ31をベース板32上に設けたはめ合せ溝34によってそれぞれその取り付け位置を決めるようにしたものである。すなわち、圧電アクチュエータのベース板への取り付けそのものは接着剤などを用いて簡単に行えるが、その位置決めがむづかしく取り付け位置の精度が問題となる場合があるが、はめ合せ溝34により位置決めして接着剤で固定することにより取り付け位置の精度が向上し、より高精度が高められる。図6(a)は各圧電アクチュエータ31の反ベース板側端面の周囲にこの端面とほぼ同一面の受圧補助板35を設けたものである。これは、例えば図6(b)のように受圧補助板35がない場合、各圧電アクチュエータ31、例えば31a、31bに指9を押し付けた場合、圧電アクチュエータ31a、31bの間隔が非常に狭い場合を除いてオベレータは指9に2つの点を感じてしまう。しかし図6(c)に示すように受圧補助板35があると、圧電アクチュエータ31a、31bの間が埋められることにより指9は面に近い感覚で感じるようになる。

【0015】

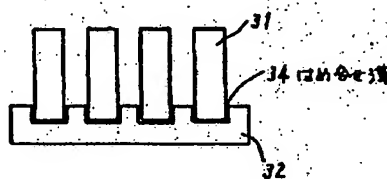
【図3】



【図4】



【図5】



【発明の効果】本発明の触覚伝達装置は触覚伝達部を積層型圧電素子などからなる圧電アクチュエータで構成し、低コストで分解能の高い面の触覚情報の伝達ができる。そしてこの圧電アクチュエータを振動させる交流電力の電圧あるいは周波数をかえることにより多次元の、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報を同時に伝達でき、ロボット、例えばマスタスレーブロボットの運用上その効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の触覚伝達装置の一実施例を示す一部モデルを含む回路図

【図2】本発明の触覚伝達装置の異なる実施例を示す一部モデルを含む回路図

【図3】図1あるいは図2の触覚伝達部の異なる構造を示す斜視図

【図4】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示す断面図

【図5】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示す断面図

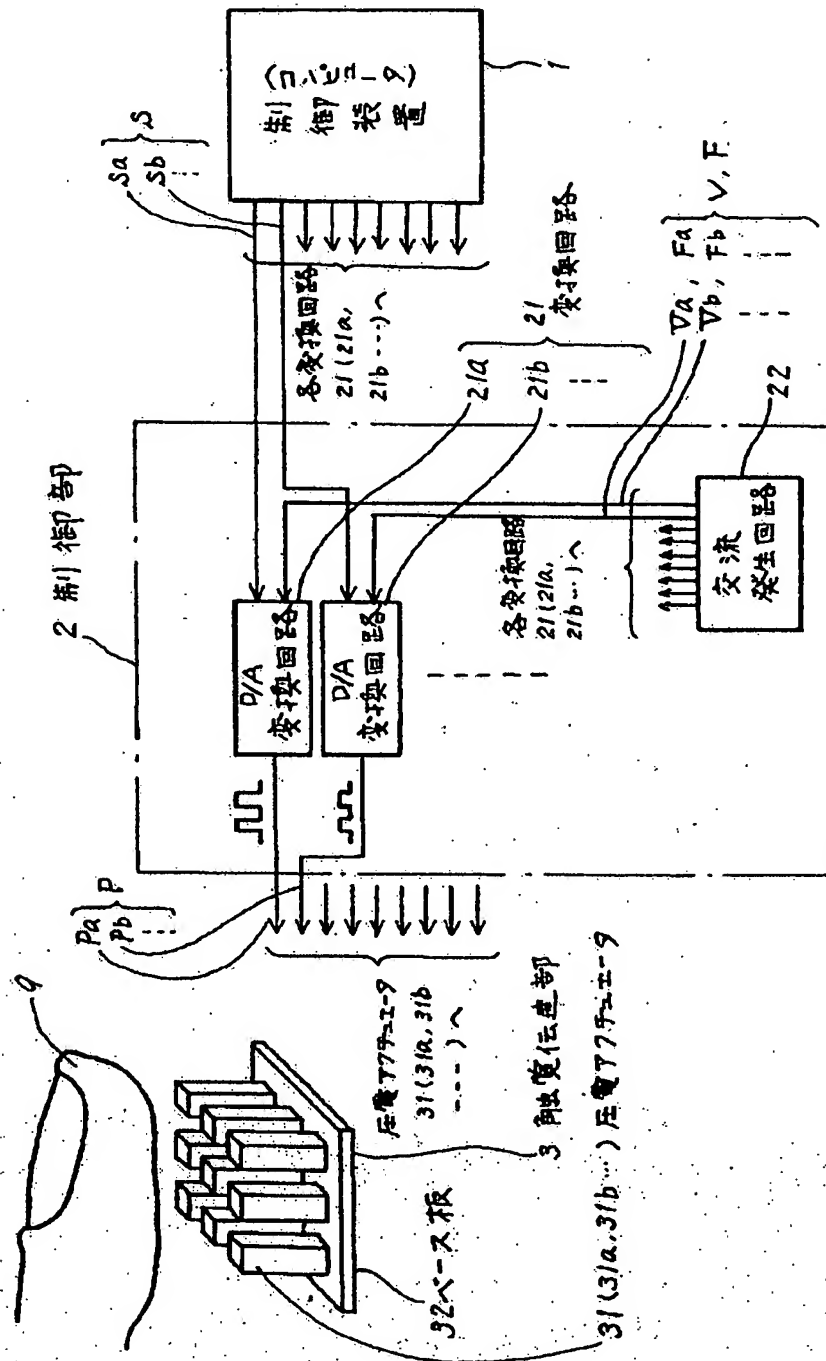
20 【図6】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示し、(a)は断面図、(b)および(c)はその機能を説明するためのモデル図

【図7】従来の触覚伝達装置の一例を示す一部モデルを含む系統図

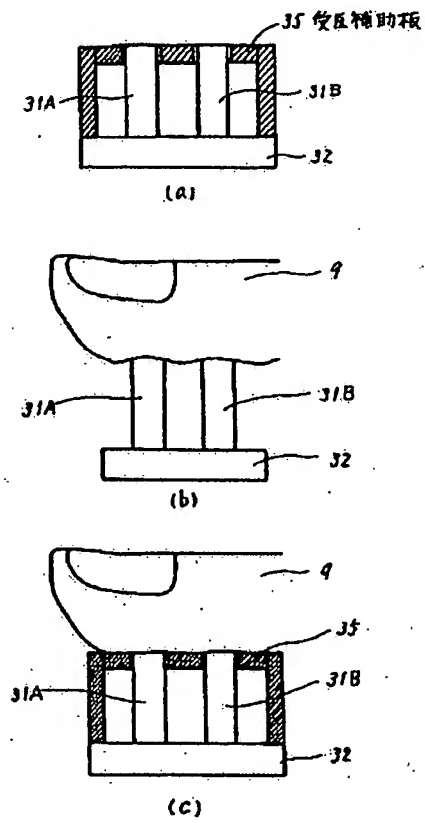
【符号の説明】

- 1 制御装置（コンピュータ）
- 2 制御部
- 3 触覚伝達部
- 31 圧電アクチュエータ
- 32 ベース板
- 33 防振材
- 34 はめ合せ溝
- 4 制御部

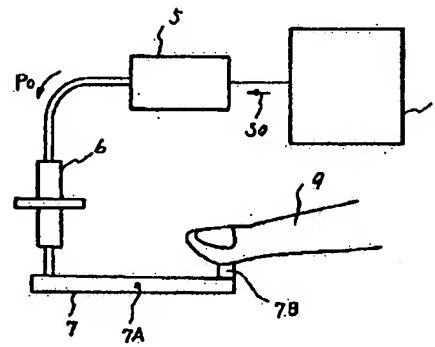
【図1】



【図6】



【図7】



SON 0056167



IDEM JOB 02-10-166C

CERTIFICATION OF ACCURACY

I CERTIFY, UNDER PENALTY OF PERJURY UNDER THE LAWS OF THE UNITED STATES OF AMERICA THAT WE ARE COMPETENT IN ENGLISH AND JAPANESE AND THAT THE FOLLOWING IS, TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE AND BELIEF, A TRUE, CORRECT, COMPLETE AND ACCURATE TRANSLATION OF THE ORIGINAL DOCUMENT.

NOVEMBER 5, 2002

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hamid Nayini', is written over a horizontal line.

HAMID NAYINI
PROJECT MANAGER
IDEM TRANSLATIONS, INC.

SON 0056168

IDEM JOB 02-10-166C

- (19) Japan Patent Office (JP)
- (12) Laid-Open Patent Application Publication (A)
- (11) Unexamined Patent Application Publication H6-18341
- (43) Publication Date: 1/25/1994

(51) Int. Cl. ⁵	Identification Code	File Number	F1
G01L 5/00	101 Z 8505-2F		
B25J 19/02			
G01L 1/16			

Technology Disclosure Location

Examination Not Yet Requested
Number of Claims: 7 (total of seven pages)

- (21) Application Number: Patent Application: H4-174591
- (22) Application Date: 7/2/1992

(71) Applicant: 000005234
Fuji Electric Company, Limited
1-1 Tanabeshinden, Kawasaki-ku, Kawasaki City, Kanagawa Prefecture

(72) Inventor: Tomomi Nonaka
Fuji Electric Company, Limited
1-1 Tanabeshinden, Kawasaki-ku, Kawasaki City, Kanagawa Prefecture

(74) Representative: ["Iwao" OR ONE OF SEVERAL OTHER POSSIBILITIES...] Yamaguchi

(54) [Name of Invention] Tactile Transmission Device

(57) [Abstract]

[Object] In a tactile transmission device for, for example, a robot, tactile information from high-resolution surface is transmitted at a low-cost. Furthermore, the transmission of multidimensional tactile information (for example, surface pressure and surface texture, etc.) is enabled.

[Composition] A structure with a tactile transmission part 3 comprising multiple piezoelectric actuators 31, each provided with an alternating current power P, and which are equipped in the form of an array on a base plate 32, and a control part 2, which supplies to each individual piezoelectric actuator 31 an alternating current power P, and which, based on tactile information S from a control device 1, controls the amplitude and the frequency of the oscillation of each piezoelectric actuator 31 by controlling, for example, the voltage or frequency of the alternating current power P.

INSERT FIGURE

[A] D/A converter
[B] D/A converter

SON 0056169

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-18341

(43) 公開日 平成6年(1994)1月25日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 5/00	1 0 1 Z	8505-2F		
B 2 5 J 19/02				
G 0 1 L 1/18				

審査請求 未請求 請求項の数7(全7頁)

(21) 出願番号 特願平4-174591

(22) 出願日 平成4年(1992)7月2日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 野中 智己

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

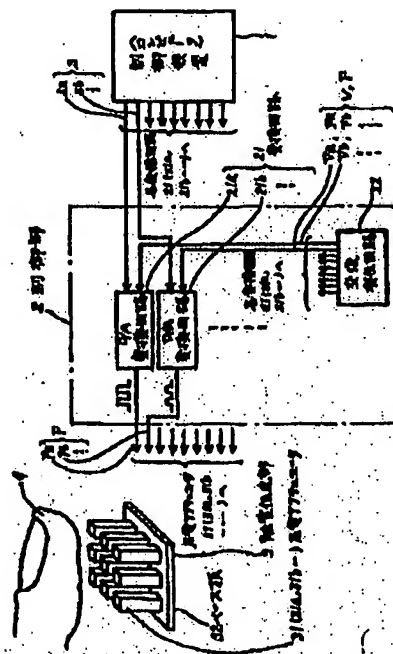
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 触覚伝達装置

(57) 【要約】

【目的】 ロボットなどの触覚伝達装置において、低コストで高分解能の面の触覚情報を伝達する。更に多次元の触覚情報(例えば、面圧と面の凹凸など)の伝達を可能にする。

【構成】 ベース板82上にアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力Pが供給されて振動する複数の圧電アクチュエータ81からなる触覚伝達部8と、この各圧電アクチュエータ81にそれぞれ交流電力Pを供給し、制御装置1から与えられる触覚情報Sに基づき、この交流電力Pの、例えば電圧あるいは周波数を制御して各圧電アクチュエータ81の振動の振巾あるいは周波数を制御する制御部2とで構成する。



- [C] To the various converters 21 (21A, 21B, ...)
- [D] AC generator
- [E] Control device (computer)
- [F] To the various converters circuits 21 (21A, 21B, ...)
- [G] To the various piezoelectric actuators 31 (31A, 31B, ...)
- 32: Base plate
- 31 (31A, 31B, ...) piezoelectric actuators
- 3 Tactile transmission part
- 2 Control part
- 21 Converter circuits

[Patent Claims]

[Claim 1] A tactile transmission device structured with a tactile transmission part comprising multiple piezoelectric actuators, each provided with an alternating current power, and which are equipped in the form of an array on a base plate, and a control part, which supplies to each individual piezoelectric actuator, an alternating current power, and which, based on tactile information from a control device, controls the amplitude and the frequency of the oscillation of each piezoelectric actuator by controlling, for example, the voltage or frequency of the alternating current power.

[Claim 2] A tactile transmission device according to claim 1, wherein the control part controls the voltage of the alternating currents applied to the various piezoelectric actuators to control the amplitude of vibration thereof.

[Claim 3] A tactile transmission device according to claim 1, wherein the control part controls the frequency of the alternating currents supplied to the various piezoelectric actuators in order to control the frequency of the vibrations thereof.

[Claim 4] A tactile transmission device according to claims 1 to 3, wherein the control part supplies an alternating current sequentially and repetitively to the individual piezoelectric actuators.

[Claim 5] A tactile transmission device according to claims 1 to 4, wherein anti-vibration materials are equipped between each piezoelectric actuator and the base plate.

[Claim 6] A tactile transmission device according to claims 1 to 4, wherein each individual actuator is attached to the base plate by a fitting groove equipped therein.

[Claim 7] A tactile transmission device according to claims 1 through 6, wherein around the tips of the individual piezoelectric actuators opposite from the base board side there is equipped pressure support supplemental boards at essentially the same plane as the tip surface thereof.

[Detailed Explanation of the Invention]

[0001]

[Area of Use in Industry]

The present invention relates to tactile transmission devices that transmit to an operator tactile information from operating extremities inputted into a control device such a computer in, for example, a robot.

[0002]

[Prior Art]

In robots, such as master-slave robots, tactile information felt by operating extremities, such as the "fingers" of slave robots, is transmitted to the master side, or in other words, to the operator, in order to perform fine operations. To do this, for example, tactile sensors may be equipped at the operating extremities of the slave robot. The tactile information from the tactile sensors is inputted into a control device comprising, for example, a computer, and the tactile information stored in this control device is transmitted to the operator through a tactile transmission device.

[0003] Figure 7 is a system diagram showing a conventional example of this type of tactile transmission device. In Figure 7, 1 is a control device comprising, for example, a computer wherein the tactile information is stored, where the tactile information S_0 from this control device is inputted into an electrical/pressure converter 5 and a pneumatic pressure P_0 proportional to the magnitude of the tactile information S_0 is outputted from this electrical/pressure converter 5. This pneumatic pressure P_0 is supplied to a pneumatic pressure actuator 6, and a force pushes down on one end of a lever 7 according to this pneumatic pressure P_0 . This lever 7 can rotate freely around a fulcrum 7A so that the transmission 7B equipped on the other end thereof is pushed upward, transmitting the tactile information to the finger 9 that is touching this transmission part 7B.

[0004]

[Problem that the Present Invention Attempts to Solve]

Generally, tactile information requires not just a point, but a surface; however, the tactile transmission device describe above comprises electric/pressure converters, pneumatic actuators, levers and so forth, and thus the amount of space occupied by these components is large, and thus there are limits on being able to create an array of a large number of these devices in order to obtain tactile information for a surface. Furthermore, the expensive components engender problems with high costs.

[0005] The object of the present invention is to provide a tactile transmission device that makes it possible to obtain tactile information for a surface with high resolution at a low cost. Yet another object of the present invention is to provide a tactile transmission device that is

able to transmit multidimensional tactile information (such as surface pressure, texture, etc.) that cannot be transmitted by conventional devices

[0006]

[Means by which the Problem is Solved]

In order to achieve the objects described above the tactile transmission device of the present invention is structured with a tactile transmission part comprising multiple piezoelectric actuators, each provided with an alternating current power, and which are equipped in the form of an array on a base plate of any given shape, and which are attached either perpendicular to, or at any angle to, said base plate, and a control part, which supplies to each individual piezoelectric actuator, an alternating current power, and which, based on tactile information from a control device, controls the amplitude and the frequency of the oscillation of each piezoelectric actuator by controlling, for example, the voltage or frequency of the alternating current power.

Additionally, the voltages of the alternating current power supplied to the individual piezoelectric actuators are controlled, for example, by the aforementioned control part in order to control the amplitude of the vibrations. Conversely, the frequency of the alternating current power supplied to the individual piezoelectric actuators is controlled in order to control the frequencies of their vibrations. In addition, the control part supplies the alternating current power sequentially and repetitively to the individual piezoelectric actuators. In addition, anti-vibration materials are equipped between the individual actuators and the base plate. Furthermore, the position at which each piezoelectric actuator is attached is determined by sitting grooves equipped in the base plate. Additionally, around the base plate side edges of each individual piezoelectric actuator are equipped pressure bearing supplemental plates at approximately the same surface as the tips thereof.

[0007]

[Operation]

In the tactile transmission device according to the present invention, the tactile transmission part is structured using piezoelectric actuators comprising multilayer piezoelectric elements attached in an array on a base plate. The multilayer piezoelectric elements are inexpensive and extremely easy to miniaturize, and because these piezoelectric actuators are easy to attach in an array of a large number of individual actuators, tactile information from a high-resolution surface can be transmitted at a low cost. Furthermore, the control part that drives these piezoelectric actuators controls the voltage of the alternating current power supplied to the individual actuators based on the tactile information provided from a control device, such as a computer, thereby controlling the amplitude of the vibrations, thereby making it possible to transmit tactile information to the piezoelectric actuators. Conversely, the frequency of the alternating current power supplied to the individual piezoelectric actuators is controlled to thereby control the frequency of the vibrations, thereby making it possible to transmit, similarly,

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 任意の形状のベース板上に垂直あるいは角度をもってアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する複数個の圧電アクチュエータからなる触覚伝達部と、前記各圧電アクチュエータにそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶した制御装置から与えられる触覚情報に基づきこの交流電力を制御して各圧電アクチュエータの振動を制御する制御部とからなることを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項2】 請求項1記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御して、その振動の振巾を制御することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項3】 請求項1記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御して、その振動の周波数を制御することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項4】 請求項1ないし3記載の触覚伝達装置において、制御部は各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給することを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項5】 請求項1ないし4記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材が設けられたことを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項6】 請求項1ないし4記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置が決められることを特徴とする触覚伝達装置。

【請求項7】 請求項1ないし6記載の触覚伝達装置において、各圧電アクチュエータの反ベース板側端面の周囲に、この端面とほぼ同一面の受圧補助板が設けられたことを特徴とする触覚伝達装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はロボットなどにおいてコンピュータなどの制御装置に入力された操作端の触覚情報をオペレータに伝達する触覚伝達装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ロボット、例えばマスタスレーブロボットにおいては、細かい作業を行わせるためスレーブロボットの指などの操作端に感じる触覚をマスタ側、すなわちオペレータに伝達させることが行われる。このために、例えばスレーブロボットの操作端に触覚センサを設け、この触覚センサからの触覚情報をコンピュータなどからなる制御装置に入力し、この制御装置に記憶された触覚情報を触覚伝達装置によりオペレータに伝達するようにしている。

【0003】 図7はこの種触覚伝達装置の従来例を示す系統図である。図7において、1は触覚情報が記憶されたコンピュータなどからなる制御装置であり、この制御装置1からの触覚情報S₁は電気/圧力変換器5に入力

2

され、この電気/圧力変換器5から触覚情報S₂の大きさに比例した空気圧P₀が出力される。この空気圧P₀は空気圧アクチュエータ6に供給され、この空気圧P₀に応じた力でレバー7の一端を押し下げる。このレバー7は支点7Aを中心に回転自在となっており、その他端に設けられた伝達部7Bを押し上げ、この伝達部7Bにタッチした指9に触覚を伝達する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般に、触覚情報は点ではなく、面としてとらえる必要があるが、前述の触覚伝達装置は、電気/圧力変換器、空気圧アクチュエータ、レバーなどの部品で構成されて、これら部品は占有体積が大きく、多くの装置をアレイ化して面の触覚情報を得ることに制限がある。また高価な部品が多くコストが嵩む問題がある。

【0005】 本発明の目的は低コストで高分解能の面の触覚情報が得られる触覚伝達装置を提供することにある。更に本発明の目的は従来の装置では得られなかった多次元の触覚情報（例えば、面圧と面の凹凸など）が伝達できる触覚伝達装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前述の目的を達成するために、本発明の触覚伝達装置は任意の形状のベース板上に垂直あるいは角度をもってアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する複数個の圧電アクチュエータからなる触覚伝達部と、前記各圧電アクチュエータにそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶した制御装置から与えられる触覚情報に基づきこの交流電力を制御して各圧電アクチュエータの振動を制御する制御部とからなるようにする。そして、例えば前記制御部は各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御して、その振動の振巾を制御する。あるいは各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御して、その振動の周波数を制御する。更に、制御部は各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給する。更にまた、各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材を設ける。更にまた、各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置を決める。更にまた、各圧電アクチュエータの反ベース板側端面の周囲に、この端面とほぼ同一面の受圧補助板を設ける。

【0007】

【作用】 本発明の触覚伝達装置においては、触覚伝達部はベース板上にアレイ状に取り付けられた複数個の積層型圧電素子などからなる圧電アクチュエータで構成した。積層型圧電素子は低コストで小形化が極めて容易であり、この圧電アクチュエータは数多くの個数をアレイ状に取り付けることが容易で、低コストで高分解能の面の触覚情報を伝達することができる。そしてこれら圧電アクチュエータを駆動する制御部は、コンピュータなど

the tactile information to the piezoelectric actuators. In this way, multidimensional information comprising amplitude and frequency can be transmitted to the same piezoelectric actuator, and thus, for example, it is possible to transmit simultaneously, for example, both surface pressure and surface texture tactile information. This control part is inexpensive because it has a simple electronic circuit structure comprising a single voltage generator circuit and a single D/A converter circuit for each piezoelectric actuator. Furthermore, because it is structured so that it supplies the alternating current power sequentially and repetitively to each piezoelectric actuator, the cost is even lower because the structure is one where in the control part is structured with a selector circuit, a D/A converter circuit, and a voltage generator circuit for each.

[0008] In addition, because the anti-vibration materials are equipped between the base plate and each of the piezoelectric actuators in the tactile transmission part, the interference of the vibrations between adjacent piezoelectric actuators is prevented, thereby increasing the precision. Additionally, because the position of each individual piezoelectric actuator is determined by the fitting grooves that are equipped in the base plate, high-precision surface tactile information can be obtained by increasing the precision of the attachment locations. Furthermore, tactile information close to the surface can be obtained because the spaces between the individual piezoelectric actuators are filled by the provision of pressure-bearing supplemental plates around the base plate edges of the individual piezoelectric actuators at about the same height of the tips thereof.

[0009]

[Example Embodiment]

Figure 1 is a circuit diagram including a 1-part model showing an example of a tactile transmission device according to the present invention. In Figure 1, the tactile transmission device comprises a tactile transmission part 3 structured from piezoelectric actuators 31 (31a, 31b, ...) made from, for example, multilayer-type piezoelectric elements, that are each attached in an array that is perpendicular to a base plate 32 and which each are supplied an alternating electric current to be caused to vibrate, from a control part 2 that supplies an alternating electric current power P_0 each of these piezoelectric actuators 31 (31a, 31b, ...) and that controls the alternating electric current power based on tactile information provided from a control device 1 such as a computer wherein the tactile information is stored, so as to control the amplitude of the vibrations in each of the piezoelectric actuators to a size that is proportional to the surface pressure. This control part 2 receives tactile information S (S_a , S_b , ...) for each point on a surface which is partitioned into an array on the operating extremities of the robot and which is inputted from the control device 1 and also inputs the electric voltage V (V_a , V_b , ...) from an alternating current generator circuit 22, and selects from the voltages V (V_a , V_b , ...) generated by the alternating current generator circuit 22 the voltage level that corresponds to the tactile information S (S_a , S_b , ...), and comprises a D/A conversion circuit 21 (21a, 21b, ...) that outputs to the individual piezoelectric actuators 31 (31a,

31b, ...) the alternating current power P (Pa, Pb, ...) which is, for example, a sine wave, a square wave, or the like.

[0010] The operation of the tactile transmission device is as described below. Tactile information for each point on a surface that is divided into an array of operating extremities is inputted from a control device 1, where said tactile information is, for example, information S on the magnitude of the surface pressure, where said information is inputted into the respected D/A converter circuit 21, where these D/A conversion circuits 21 each select, from the voltages V generated by the respective alternating current generator circuits 22, a voltage that is proportional to the magnitude of the surface pressure, and each outputs to the respective piezoelectric actuator 31 and alternating current power P, which is a sine wave, square wave, the like, so that each individual piezoelectric actuator 31 vibrates with a magnitude proportional to the information S on the magnitude of the surface pressure as outputted by the control device 1. Here the positions of the various points on the surface that is partitioned into an array at the operating extremity, inputted from the control device 1, correspond to the positions of the various piezoelectric actuator of the tactile transmission device 3, and thus the tactile information of the surface is transmitted to the finger 9, or the like, of the operator that is touched thereby.

[0011] Figure 2 is a circuit diagram including a 1-part model showing another example embodiment of the tactile transmission device according to the present invention. In Figure 2, a control part 4 is provided instead of the control part 2 in Figure 1. This control part 4 comprises a D/A converter circuit that inputs the tactile information S (Sa, Sb,...) for each point on the surface, which is divided into an array of operating extremities, outputted sequentially by the control device 1, inputs the various voltages V from the alternating current generator circuit 42, selects sequentially the voltages corresponding to the tactile information S (Sa, Sb,...) from the voltages V generated by the voltage generator circuit 22, and sequentially outputs an alternating current power P (Pa, Pb,...) such as a sine wave or a square wave, and comprises also a selection circuit 43 that inputs a control signal Q from the control device 1 and outputs the alternating current power P (Pa, Pb,...) to the various piezoelectric actuators laid out corresponding to respective tactile information S (Sa, Sb,...).

[0012] The operation of this tactile transmission device is different from the operation of the tactile transmission device in Figure 1 in the fact that, in contrast to the vibrations occurring simultaneously in the various piezoelectric actuators, the various piezoelectric actuators 31a, 31b,..., vibrate sequentially and repetitively. By having the various piezoelectric actuators vibrate sequentially and repetitively, the control part 4 can be a simple electronic circuit structured with only a single selection circuit 43 and a D/A converter circuit 41. In such a case, the period for repeating the sequential vibration can be increased up to, for example, several dozen cycles, without the operator experiencing any particular reduction in sensation.

の制御装置から与えられる触覚情報に基づき各圧電アクチュエータに供給する交流電力の電圧を制御してその振動の振巾を制御するので、触覚情報を圧電アクチュエータに伝達することができる。あるいは、各圧電アクチュエータに供給する交流電力の周波数を制御してその振動の周波数を制御するので、同様に触覚情報を圧電アクチュエータに伝達することができる。このように同一の圧電アクチュエータで振巾と周波数の多次元情報の伝達ができるので、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報が同時に伝達可能となる。この制御部は圧電アクチュエータと同一個数のD/A変換回路と1個の電圧発生回路とからなる単純な電子回路で構成されるので低コストである。更に、各圧電アクチュエータに順次繰り返して交流電力を供給するように構成することにより、制御部はそれぞれ1個の選択回路、D/A変換回路および電圧発生回路で構成されるので更に低コストとなる。

【0008】また、触覚伝達部の各圧電アクチュエータとベース板との間にそれぞれ防振材を設けたので、互に隣接する圧電アクチュエータの間に生じる振動の干渉が防止されるのでより精度が高められる。また各圧電アクチュエータはベース板上に設けたはめ合せ溝によってそれぞれその取り付け位置を決めるようにしたので、取り付け位置の精度が向上しより高精度の面の触覚情報が得られる。更にまた、各圧電アクチュエータの反ベース板端面の周囲に、この端面とはほぼ同一面の受圧補助板を設け各圧電アクチュエータ間を埋めたので、より面に近い触覚情報が得られる。

【0009】

【実施例】図1は本発明の触覚伝達装置の一例を示す一部モデルを含む回路図である。図1において、触覚伝達装置はベース板32上に垂直にアレイ状に取り付けられ、それぞれ交流電力が供給されて振動する。例えば積層型の圧電素子からなる圧電アクチュエータ31(31A, 31B, ...)で構成された触覚伝達部3と、これら各圧電アクチュエータ31(31A, 31B, ...)にそれぞれ交流電力を供給し、触覚情報を記憶したコンピュータなどからなる制御装置1から与えられる触覚情報、例えば面圧の大きさの情報に基づき、この交流電力を制御して、各圧電アクチュエータの振動の振巾を面圧の大きさに比例した大きさに制御する制御部2とからなっている。この制御部2は制御装置1から入力される、ロボットの操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報S(Sa, Sb, ...)と、交流発生回路22からの電圧V(Va, Vb, ...)とがそれぞれ入力され、交流発生回路22で発生された電圧V(Va, Vb, ...)のうち、触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した電圧値をそれぞれ選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力P(Pa, Pb, ...)をそれぞれ各圧電アクチュエータ31(31a, 31b, ...)に出力するD/A変換回路21(21a, 21b, ...)とからなっている。

21b, ...)とからなっている。

【0010】この触覚伝達装置の動作は次の通りである。制御装置1から入力された操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報、例えば面圧の大きさの情報Sは、それぞれ各D/A変換回路21に入力され、これらD/A変換回路21はそれぞれ交流発生回路22からの電圧Vのうちから面圧の大きさに比例した大きさの電圧値を選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力Pを、それぞれ対応する圧電アクチュエータ31に出力し、各圧電アクチュエータ31はそれぞれ制御装置1から出力された面圧の大きさの情報Sと比較した大きさで振動する。ここで、制御装置1から入力された操作端のアレイ状に分割された面の各点の位置と、触覚伝達部3の各圧電アクチュエータの位置を対応させておくことにより、面の触覚情報がタッチされたオペレータの指9などに伝達される。

【0011】図2は本発明の触覚伝達装置の異なる実施例を示す一部モデルを含む回路図である。図2は図1の制御部2に換えて制御部4が設けられたものである。この制御部4は制御装置1から順次出力される操作端のアレイ状に分割された面の各点の触覚情報S(Sa, Sb, ...)と、交流発生回路42からの電圧Vとがそれぞれ入力され、電圧発生回路22で発生された電圧Vのうち触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した電圧値を順次選択し、正弦波あるいは矩形波などの交流電力P(Pa, Pb, ...)を順次出力するD/A変換回路41と、このD/A変換回路41の出力と、制御装置1からの制御信号Qとが入力され、交流電力P(Pa, Pb, ...)をそれぞれ触覚情報S(Sa, Sb, ...)に対応した各圧電アクチュエータに配分する選択回路43とからなっている。

【0012】この触覚伝達装置の動作は、図1に示す触覚伝達装置の動作が各圧電アクチュエータが同時に振動するのに対し、各圧電アクチュエータ31a, 31b, ...が順次繰り返して振動する点が異なっている。その他の動作は図1に示す触覚伝達装置と同様である。このように各圧電アクチュエータを順次繰り返して振動させることにより、制御部4はそれぞれ1個の選択回路43、D/A変換回路41および電圧発生回路42のみで構成される単純な電子回路となる。この場合順次振動させる繰り返し周期を、例えば数十サイクルまであげるとオペレータはそれ程違和感を感じることはない。

【0013】また、図1および図2において交流発生回路(図1の22、図2の42)から電圧Vにかえて周波数Fを取り出すことにより、D/A変換回路21から触覚情報Sに対応した周波数の交流電力Pを出力することができる。これにより同一の圧電アクチュエータで振巾と周波数の多次元情報の伝達が可能になり、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報が同時に伝達できる。

【0014】なお、積層型圧電素子からなる圧電アクチ

[0013] Furthermore, in Figure 1 and Figure 2, by extracting the frequency F rather than the voltage V from the alternating current generator circuits (22 in Figure 1 and 42 in Figure 2) in Figures 1 and 2 it is possible to output an alternating current P of a frequency that corresponds to a tactile data S from a D/A converter circuit 21. By doing this, it is possible to transmit multidimensional information comprising frequency and amplitude, in the same piezoelectric actuator, making it possible to transmit, for example, surface pressure and surface texture tactile information simultaneously

[0014] Note that piezoelectric actuators comprising multilayer piezoelectric elements generally have an amount of travel of between several microns and several dozen microns when a direct current power is supplied, so an operator would have difficulty feeling this dislocation; however, when an alternating current power is supplied according to the present invention, the operator is able to feel the dislocations with ease because the actuators vibrate due to the alternating current supplied in the present invention. Figures 3 through 6 show different structures for the tactile transmission part 3 in Figures 1 and 2. In Figure 3, the piezoelectric actuator is a 3-dimensional structure rather than the 2-dimensional structure for the tactile transmission part 3 in Figures 1 and 2, and when, for example, a finger is placed in the center part O, the tactile information on the bottom surface and on the left and right surfaces can be felt. Figure 4 has anti-vibration materials 33 equipped between the individual piezoelectric actuators 31 and the base plate 34. By doing so, the precision is increased because interference between the vibrations generated between adjacent piezoelectric actuators is prevented. In Figure 5, the individual attachment positions of the piezoelectric actuators 31 are determined by fitting grooves 34 equipped on the base plate 32. In other words, although the actual attachment of the piezoelectric actuators to the base plate is performed easily using, for example, an adhesive, the positioning is difficult and there have been problems with the accuracy of the attachment positions; however, the provision of the fitting groove 34 increases the accuracy of the position where the attachment is made using an adhesive material, resulting in higher accuracy. Figure 6 (a) shows pressure-bearing supplemental plates 35 provided at essentially the same height as the tip surfaces surrounding the side surfaces opposite the bases of the individual piezoelectric actuators 31. This is because in cases such as, for example, that in Figure 6 (b), wherein the pressure-bearing supplemental plates 35 are not provided, when the finger 9 presses against the various piezoelectric actuators 31, for example, 31a and 31b, the finger 9 of the operator will feel two distinct points except in cases wherein the spacing between the piezoelectric actuators 31a and 31b is extremely narrow. However, when these pressure-bearing supplemental plates 35 are provided such as shown in Figure 6 (c), the gaps between the piezoelectric actuators 31a and 31b are filled, and so the finger 9 feels a sensation that feels close to being a surface.

[0015]
[Effects of the Invention]

SON 0056178

The tactile transmission device of the present invention is made from tactile transmission parts structured from piezoelectric actuators comprising, for example, multilayer piezoelectric elements, and high-resolution surface tactile information can be transmitted at a low cost. Furthermore, multidimensional tactile information, such as tactile information for surface pressure and surface texture, can be transmitted simultaneously by varying the voltage or the frequency of the alternating current power that drives the vibrations of these piezoelectric actuators, having an extremely large effect in the operation of robots, such as master-slave robots.

[Simple Explanation of Drawings]

[Figure 1]

A circuit diagram including a single-part model showing an example embodiment of a tactile transmission device according to the present invention.

[Figure 2]

A circuit diagram showing a single-part model of a different example embodiment of a tactile transmission device according to the present invention.

[Figure 3]

An oblique view of a different structure of the tactile transmission part in Figure 1 or Figure 2.

[Figure 4]

A cross-sectional diagram showing yet a different structure of the tactile transmission part of Figure 1 or Figure 2.

[Figure 5]

A cross-sectional drawing showing yet a different structure of the tactile transmission part of Figure 1 or Figure 2.

[Figure 6]

This figure shows yet a different structure of the tactile transmission part of Figure 1 or Figure 2, where (a) is a cross-section of the drawing, and (b) and (c) are models for explaining the functions thereof.

[Figure 7]

Is a system drawing showing a single-part model of an example of a conventional tactile transmission device.

[Explanation of Codes]

- 1. Control device (computer)
- 2. Control part
- 3. Tactile transmission parts
- 31. Piezoelectric actuator
- 32. Base plate
- 33. Anti-vibration material
- 34. Fitting grooves
- 4. Control part

SON 0056179

Figure 3

Figure 4

33 Anti-vibration material

Figure 5

34 Fitting grooves

Figure 1

[A] D/A converter
[B] D/A converter
[C] To the various converters 21 (21A, 21B, ...)
[D] AC generator
[E] Control device (computer)
[F] To the various converters circuits 21 (21A, 21B, ...)
[G] To the various piezoelectric actuators 31 (31A, 31B, ...)
32: Base plate
31 (31A, 31B, ...) piezoelectric actuators
3 Tactile transmission part
2 Control part
21 Converter circuits

Figure 2

32 Base plate
3 Tactile transmission part
31 piezoelectric actuator
A To the piezoelectric actuator 31 (31a, 31b,...)
4 Control part
43 Selector circuits
41 D/A converter circuit
42 Alternating current generator circuit
B Control device (computer)

Figure 6

35 Pressure-bearing supplemental plate

Figure 7

SON 0056180

ユエータは、その変位量が直流電力を供給したとき一般に数 μm ～十数 μm 程度で、オペレータはこの変位を感じることは困難であるが、本発明では交流電力を供給してアクチュエータを振動させることにより、この変位を容易に感じとることができるようにしたものである。図3～図6はそれぞれ図1あるいは図2の触覚伝達部3の異なる構造を示したものである。図3は圧電アクチュエータを図1あるいは図2の触覚伝達部3のように平面的でなく立体的にしたものであり、中心部Oに例えば指を入れると下面および左・右両面の触覚情報が感知できる。図4は各圧電アクチュエータ31とベース板32との間にそれぞれ防振材33を設けたものである。これによって互に隣接する圧電アクチュエータの間に生じる振動の干渉が防止されるのでより精度が高められる。図5は各圧電アクチュエータ31をベース板32上に設けたはめ合せ溝34によってそれぞれその取り付け位置を決めるようにしたものである。すなわち、圧電アクチュエータのベース板への取り付けそのものは接着剤などを用いて簡単に行えるが、その位置決めがむづかしく取り付け位置の精度が問題となる場合があるが、はめ合せ溝34により位置決めして接着剤で固定することにより取り付け位置の精度が向上し、より高精度が高められる。図6(a)は各圧電アクチュエータ31の反ベース板側端面の周囲にこの端面とほぼ同一面の受圧補助板35を設けたものである。これは、例えば図6(b)のように受圧補助板35がない場合、各圧電アクチュエータ31、例えば31a、31bに指9を押し付けた場合、圧電アクチュエータ31a、31bの間隔が非常に狭い場合を除いてオペレータは指9に2つの点を感じてしまう。しかし図6(c)に示すように受圧補助板35があると、圧電アクチュエータ31a、31bの間が埋められることにより指9は面に近い感覚で感じるようになる。

【0015】

【発明の効果】本発明の触覚伝達装置は触覚伝達部を積層型圧電素子などからなる圧電アクチュエータで構成し、低コストで分解能の高い面の触覚情報の伝達ができる。そしてこの圧電アクチュエータを振動させる交流電力の電圧あるいは周波数をかえることにより多次元の、例えば面圧と面の凹凸の触覚情報を同時に伝達でき、ロボット、例えばマスタスレーブロボットの運用上その効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の触覚伝達装置の一実施例を示す一部モデルを含む回路図

【図2】本発明の触覚伝達装置の異なる実施例を示す一部モデルを含む回路図

【図3】図1あるいは図2の触覚伝達部の異なる構造を示す斜視図

【図4】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示す断面図

【図5】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示す断面図

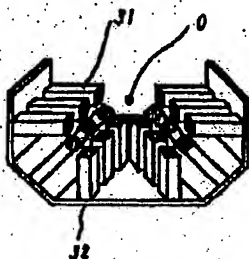
【図6】図1あるいは図2の触覚伝達部の更に異なる構造を示し、(a)は断面図、(b)および(c)はその機能の説明するためのモデル図

【図7】従来の触覚伝達装置の一例を示す一部モデルを含む系統図

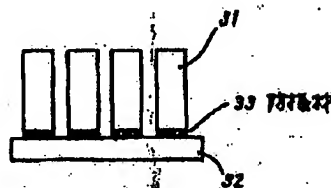
【符号の説明】

- 1 制御装置 (コンピュータ)
- 2 制御部
- 3 触覚伝達部
- 31 圧電アクチュエータ
- 32 ベース板
- 33 防振材
- 34 はめ合せ溝
- 4 制御部

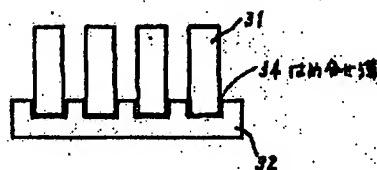
【図3】



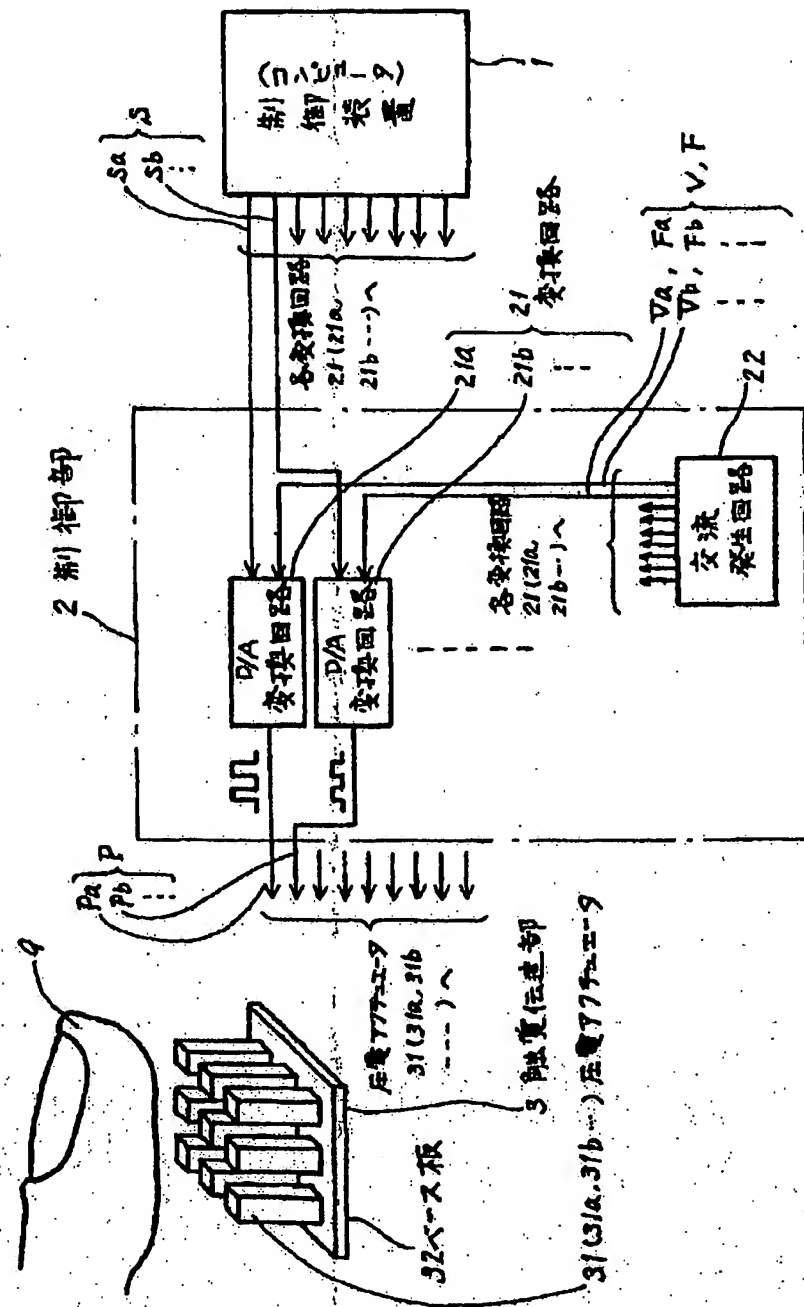
【図4】



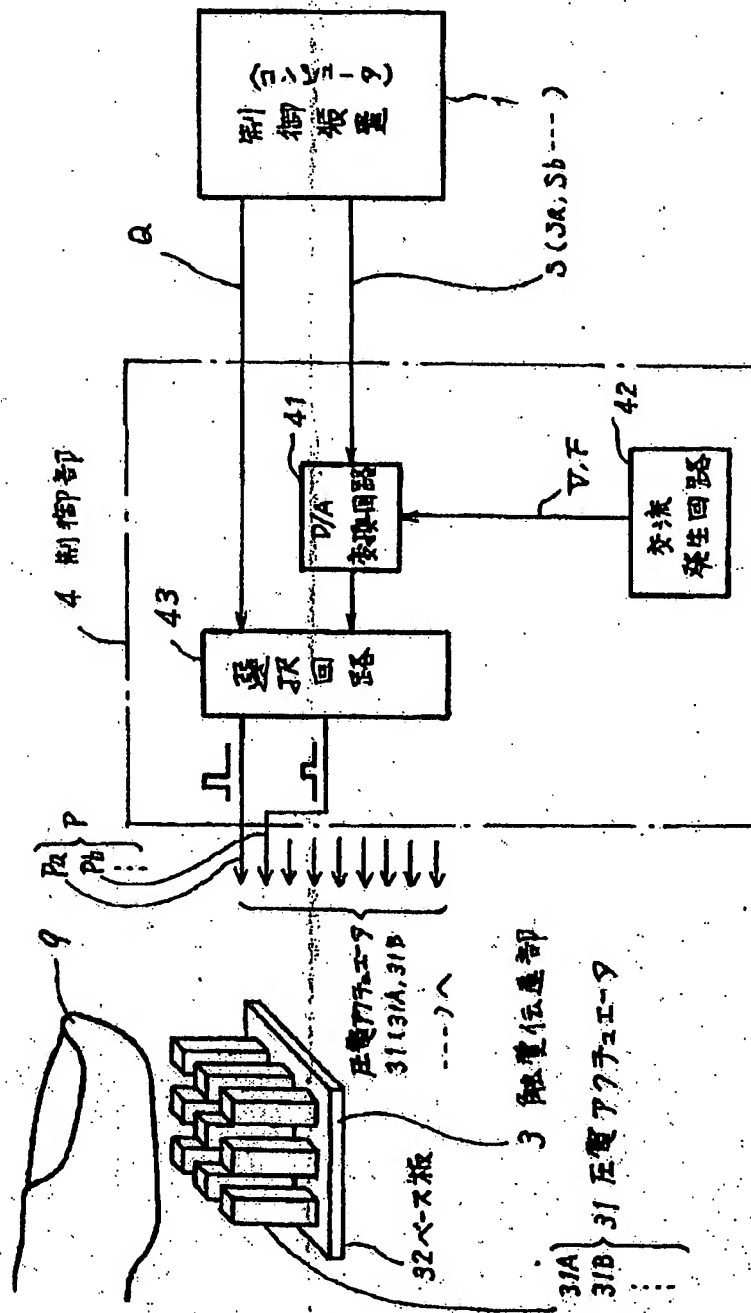
【図5】



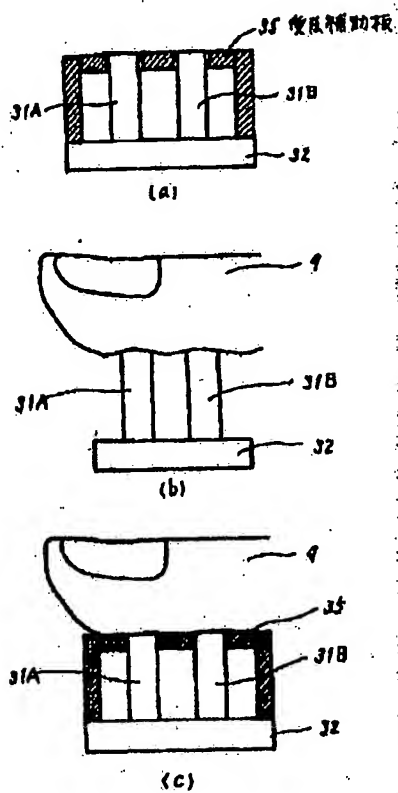
【図1】



【図2】



【図6】



【図7】

